

# Instabilités thermoconvectives pour des fluides viscoplastiques

Christel Métivier<sup>1</sup>, Chérif Nouar<sup>2</sup> & Jean-Pierre Brancher<sup>3</sup>

LEMETA - 2, avenue de la forêt de Haye - BP 160 - 54504 Vandoeuvre-lès-Nancy  
christel.metivier@ensem.inpl-nancy.fr

L'étude de la stabilité de l'écoulement de type Rayleigh-Bénard Poiseuille (RBP) est réalisée pour des fluides à seuil. Ces fluides sont présents dans une large gamme d'applications industrielles telles que industries pétrolière (boue de forage, pétrole), agro-alimentaire (crèmes dessert), cosmétique (crèmes hydratantes, dentifrice) et à plus grande échelle, la géophysique. A titre d'exemple, des instabilités thermoconvectives apparaissent dans le manteau terrestre et sont dues au fort gradient de température entre le noyau et la croûte terrestre. Le comportement rhéologique du fluide est supposé être décrit par le modèle de Bingham. Ce modèle suppose que lorsque les contraintes appliquées au matériau sont inférieures à la contrainte seuil  $B$ , le nombre de Bingham, le matériau est sous forme de gel et se déplace comme un solide indéformable. Au-delà de  $B$ , le matériau s'écoule et se comporte comme un fluide visqueux. Sa viscosité effective  $\mu$  dépend du deuxième invariant du tenseur des taux de déformation  $\dot{\gamma}$  et est donnée par :  $\mu = 1 + \frac{B}{\dot{\gamma}}$ .

L'objet de cette communication est de souligner les effets de la contrainte seuil sur les conditions de stabilité de l'écoulement de type RBP et de faire ressortir les principales difficultés actuelles dans l'étude d'écoulement mettant en jeu des fluides de Bingham. Une des difficultés majeures est la possibilité d'avoir deux phases en présence : une phase "gel" dans laquelle les contraintes sont indéterminées et une phase fluide.

L'analyse linéaire de stabilité conduit à la formation, dans les parties fluides, de rouleaux thermoconvectifs advectés par l'écoulement moyen, sous forme d'ondes propagatives. Cette analyse permet de montrer que les conditions critiques, *i.e.* les nombres de Rayleigh ( $Ra_c$ ) et d'onde ( $\alpha_c$ ) critiques augmentent pour des valeurs de  $B$  croissantes. Ces résultats soulignent l'effet stabilisant de la contrainte seuil.

Dans le cas particulier où la contrainte seuil est très faible, nous avons montré [1] que le modèle de Bingham n'est pas consistant avec le cas Newtonien [2].

L'originalité de notre étude se situe dans l'analyse faiblement non linéaire de stabilité. Cette étude permet pour la première fois, dans le cas d'un fluide viscoplastique, de quantifier l'amplitude de la perturbation maximale qui conserve la structure topologique de l'écoulement de base. Nous avons montré que, à faibles valeurs du nombre de Péclet,  $Pe < O(1)$ , la bifurcation est super-critique, comme dans le cas Newtonien [3]. A plus grandes valeurs de  $Pe$  ( $Pe > O(1)$ ), la nature de la bifurcation change brutalement pour devenir sous-critique. Ce changement brutal de comportement est une conséquence de la forte stratification en viscosité, cette dernière atteignant de grandes valeurs aux abords des interfaces.

En outre, nous avons montré que l'analyse faiblement non linéaire a un domaine de validité très réduit et l'écoulement perturbé devient rapidement non linéaire pour des valeurs de Rayleigh surcritiques.

## Références

1. C. METIVIER *et al.*, Linear stability involving the Bingham model when the yield stress approaches zero, *Phys. Fluids*, **17** (10) (2005).
2. X. NICOLAS *et al.*, Linear stability of mixed convection flows in horizontal rectangular channels of finite transversal extension heated from below. *Int. J. Heat Mass Transfer*, **43** 589 (2000).
3. H. W. MULLER *et al.*, Convective Patterns in Horizontal Flow *Europhys. Lett.*, **10** (5) 451-456 (1989).